

3. Процесс Ромелт / под ред. В.А. Роменца. – М.: МИСиС, Издательский дом «Руда и металл», 2005. – 400 с.

4. Шелудяк Ю. Е., Кашпоров Л. Я. и др. Теплофизические свойства компонентов горючих систем. М., 1992. – 184 с.

УДК 669.042

**С. К. Сибатагуллин*, А. С. Харченко*, С. Р. Миникаев*, Д. М. Кузнецов*,
В. А. Бегинюк**, М. А. Семенюк****

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет
имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

**ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
г. Магнитогорск, Россия

УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА СООТНОШЕНИЯ РАСХОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ДУТЬЯ ПО ФУРМАМ

Аннотация

Проведением промышленных испытаний на доменной печи ОАО «ММК» объемом 1370 м³ исследовали роль соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам на ход доменной плавки. При повышении коэффициента равномерности с 0,91 до 0,95 создавались условия для увеличения расхода природного газа на 500 м³/ч с коэффициентом замены им кокса, равным 0,72 кг/м³.

Ключевые слова: доменная печь, природный газ, дутье, коэффициент равномерности, коэффициент замены кокса газом.

Abstract

By conducting the industrial tests on the blast furnaces of OJSC «MМК» volume 1370 m³ the role of the ratio of consumption of natural gas and blowing to tuyeres to the course of blast furnace melting was investigated. With increasing uniformity coefficient from 0.91 to 0.95, conditions were created to increase natural gas consumption by 500 m³/hr with replacement ratio them coke equal to 0.72 kg/m³.

Keywords: blast furnaces, natural gas, blowing, uniformity coefficient, replacement ratio.

Использование в доменных печах природного газа позволяет снижать удельный расход кокса с эквивалентом замены 0,6–0,8 кг/м³ в зависимости от его расхода, распределения процессов по высоте, сечению и окружности печи. В условиях пониженной стоимости газа по отношению к скиповому коксу это позволяет повысить экономичность доменной плавки. Для достижения максимального эффекта металлургические предприятия России стремятся поддерживать предельно высокий расход газа, при превышении которого ухудшается работа печи. Использование мероприятий, взаимодополняющих друг друга, позволит устранить от-

рицательное действие расхода газа в определяющей зоне по газодинамике, вследствие чего повысить предельно допустимую величину его расхода без осложнения работы печи [1]. Одним из таких мероприятий является стабилизация соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам [2]. Ее влияние на ход доменной плавки исследовали на одной из доменных печей ОАО «ММК» объемом 1370 м³.

В связи с этим провели опытные плавки, включающие три периода. В первом (базовом) расход газа составил 15,5 тыс. м³/ч, во втором и третьем 16 тыс. м³/ч. Варьирование соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам в исследуемых периодах оценивали коэффициентом равномерности их отношения по окружности печи:

$$K_{\text{пр}} = 1 - \frac{\sigma_{\text{ПГ/Д}}}{(\text{ПГ/Д})_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{ПГ/Д}}$ – среднеквадратическое отклонение отношений расхода природного газа к дутью по фурмам; (ПГ/Д) – среднее значение отношений расхода природного газа к дутью по фурмам.

В исследуемых периодах было как ухудшение, так и улучшение коэффициента равномерности. Снижение его величины с 0,95 до 0,91 в периоде II по отношению к базовому свидетельствует об увеличении колеблемости соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам. Интервалы между максимальной и средней, а также средней и минимальной величинами этого отношения увеличились соответственно с 0,5 и 0,9 до 1,2 (табл. 1). Был избыток расхода природного газа в одних зонах печи по окружности и недостаток в других. В результате использованные методы оценки дренажной способности кокса в горне печи показали снижение его фильтрующей способности (табл. 2, 3). Это ухудшило степень использования тепловой энергии газового потока, что привело к повышению температуры колошникового газа (табл. 4) и как следствие повышению удельного расхода кокса (табл. 5).

Таблица 1

Параметры дутья в исследуемые периоды

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	15,5	16,0	16,0
Длительность периода, сутки	7	6	4
Расход, м ³ /т чугуна: дутья	1117	1098	1115
природного газа	101,5	106	108
Давление горячего дутья, кПа	257	258	258
Температура дутья, °С	1189	1180	1185
Расход водяного пара, г/м ³	3,37	3,81	1,63
Содержание кислорода, %	26,9	27,6	26,9
Отношение расхода природного газа к дутью, %:			
среднее	5,5	5,7	5,6
максимальное	6,4	7,0	5,9
минимальное	5,1	4,6	5,3
Интервал от среднего, максимальный	0,9	1,2	0,3
минимальный	0,5	1,2	0,3
Коэффициент равномерности	0,95	0,91	0,97

Таблица 2

Показатели газодинамического режима работы

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	15,5	16,0	16,0
Длительность периода, сутки	7	6	4
Коэффициент сопротивления шихты движению газов: на колошнике в горне	0,42	0,38	0,60
	11,77	11,80	11,66
Динамический напор газа колошнике, н/м ²	1,98	2,16	1,55

Таблица 3

Показатели, характеризующие появление шлака по выпускам

Наименование показателя	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	15,5	16,0	16,0
Время от начала выпуска до появления шлака, мин:			
из летке № 1 (τ_1)	13	17	8
из летке № 2 (τ_2)	9	6	11
Отношение τ_1/τ_2	1,44	2,83	0,72
$ \tau_1 - \tau_2 $	4	11	3
Средневзвешанное значение между τ_1 и τ_2 (τ)	10	11	10

Таблица 4

Параметры колошникового газа в исследуемые периоды

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	15,5	16,0	16,0
Состав колошникового газа, %: CO ₂	20,7	21,0	20,7
CO	24,2	24,4	23,9
H ₂	8,6	8,7	8,4
Степень использования, %: CO	46,0	46,2	46,5
H ₂	34,1	35,7	37,9
Температура в газоотводах, °С	135	149	127
Давление колошникового газа, кПа	138	138	139
Градиент температур по периферии, °С	240	247	202
Уровень засыпи фактический, м	1,07	1,27	1,31

Для эффективного использования природного газа в количестве 16 тыс. м³/ч в третьем периоде повысили равномерность соотношения расходов газа и дутья по фурмам с учетом температуры периферийных газов. Это обеспечили путем регулирования расхода газа по фактическому количеству дутья, поступающему через соответствующую фурму. Причем

управляющее воздействие соблюдали таким образом, чтобы расход природного газа был выше в зонах с пониженной температурой периферийных газов и наоборот (табл. 6). В результате интервалы между максимальной и средней, а также средней и минимальной величинами этого отношения уменьшились с 1,2 до 0,3 (табл. 1). Таким путем коэффициент равномерности распределения отношений расходов природного газа к дутью по каждой фурме увеличился с 0,91 до 0,97 (табл. 1).

Таблица 5

Основные технологические показатели работы печи

Наименование показателей	Расход природного газа, тыс. м ³ /ч		
	15,5	16,0	16,0
Удельный расход кокса (сухого, скипового), кг/т чугуна:			
фактический	449,4	452,2	447,9
приведенный	439,9	440,1	436,5
Расход коксовой фракции, кг/т чугуна	12,0	11,7	9,8
Производительность, т/сутки:			
по фактическому количеству загруженных подач	3640	3725	3641
приведенная	3682	3737	3701
Удельный расход всего топлива, кг/т чугуна:			
фактический (кокс, природный газ, коксовый орешек)	535	541	537
приведенный	526	529	525
Расход, кг/т чугуна: сырьевых материалов	1634	1648	1617
кварцита	—	5	2
Интенсивность хода:			
по дутью, м ³ /(м ³ сутки)	1,9	1,96	1,88
по суммарному углероду, т/(м ³ сутки):	1,02	1,06	1,01
Рудная нагрузка, т/т	3,73	3,75	3,79
Содержание Fe в шихте, %	57,45	56,9	57,2

Таблица 6

Усредненная температура периферийных газов в периоде III

Наименование показателей	Расположение воздушных фурм и периферийных термопар по сторонам света	
	юг	север
Усредненная температура периферийных газов, °C	318	202
Усредненное отношение расходов газа и дутья по фурмам	5,56	5,62

Повышение равномерности соотношения расходов газа и дутья по фурмам при неизменном его расходе, равном 16 тыс. м³/ч, сопровождалось увеличением степени использования CO и H₂, снижением градиента температуры газа по периферии, что обеспечило уменьшение температуры колошниковых газов.

Заключение

Повышение коэффициента равномерности соотношения расходов природного газа и дутья по фурмам путем регулирования расхода газа по фактическому количеству дутья, поступающему через соответствующую фурму, позволило увеличить расход природного газа на $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ с коэффициентом замены им кокса, равным $0,72 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Список использованных источников

1. Сибатуллин С. К., Харченко А. С., Теплых Е. О., Салахов Р. Ф., Чевычелов А. В., Бегинюк В. А. Влияние расхода природного газа на коэффициент сопротивления шихты в зависимости от условий хода доменной плавки. Achievement of high school: Материали за 8-а международна научна практическа конференция. – Болгария, София: Изд-во София Бял ГРАД-БГ. С. 3–7.
2. Андронов В. Н., Белов Ю. А. Оценка эффективности распределения дутья и природного газа по фурмам // Сталь. 2002. № 9. С. 15–17.
3. Харченко А. С., Сибатуллин С. К., Сысоев Н. П. Поступление коксового орешка совместно с агломератом и окатышами из шихтового бункера БЗУ в колошниковое пространство доменной печи // Изв. вузов. Черная металлургия. 2011. № 8. С. 18–19.

УДК 669.042

А. А. Сидоренко, Е. В. Гупало

«Национальная металлургическая академия Украины», г. Днепропетровск, Украина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ

Аннотация

Выполнены исследования тепловой работы кольцевой печи, оборудованной металлическим рекуператором для подогрева воздуха. Установлено, что максимальная экономия топлива за счет совершенствования рекуперативной системы утилизации теплоты дымовых газов, обеспечивающая повышение температуры подогрева воздуха с 200 до 400 °С, не превышает 11 %. Выполнена оценка повышения энергоэффективности печи при замене рекуперативной системы утилизации теплоты дымовых газов на регенеративную. Показано, что замена существующих горелочных устройств на регенеративные горелки позволяет обеспечить экономию топлива до 18 %. Выполнена экологическая оценка предложенных мероприятий.

Ключевые слова: кольцевая печь, экономия топлива, рекуператор, регенеративная горелка.

Abstract

Research into the heat work of the annular furnace equipped with a metal recuperator for air heating is carried out. The present thesis shows that the maximum fuel economy provided by increasing the temperature of the heated air up to 400 °C (from the initial 200 °C) is under 11 %.